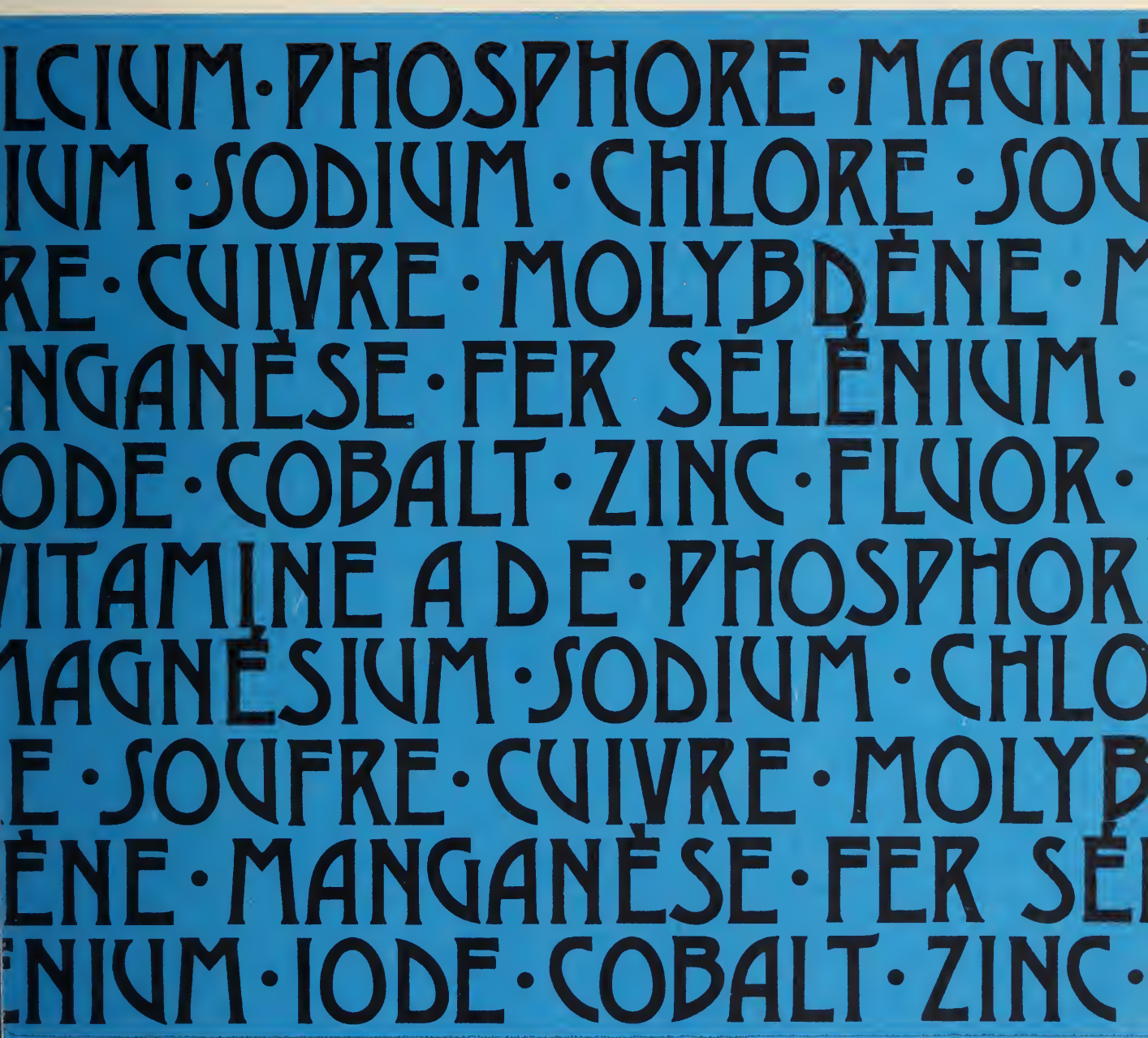
MINÉRAUX ET VITAMINES POUR LE BÉTAIL LAITIER



630.4
C212
P1450
1979
c.3

Agriculture Canada

Publication 1450

CANADIAN AGRICULTURE LIBRARY
AGRICULTURE CANADA
CENTRAL LIBRARY
BIBLIOTHÈQUE CENTRALE
EDIFICE SIR JOHN CARLING BLDG.
OTTAWA, ONTARIO
CANADA K1A 0C5
BIBLIOTHÈQUE CANADIENNE DE L'AGRICULTURE

Minéraux et vitamines pour le bétail laitier

ILCIUM·PHOSPHORE·MAGNÉ
SIUM·SODIUM·CHLORE·SOU
'RE·CUIVRE·MOLYBDÈNE·M
INGANÈSE·FER SÉLÉNIUM·
IODE·COBALT·ZINC·FLUOR·
VITAMINE A D E·

L.J. Fisher[1] **et D.E. Waldern**[2]

[1] Station de recherches, Agassiz (C.-B.)
[2] Station de recherches, Kamloops (C.-B.)

PUBLICATION 1450
Services d'information, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1979
N° de cat. A63–1450/1979F ISBN: 0-662-90323-4
Impression 1972 Révision 1979 5M–6:79

Les producteurs de lait se sont toujours intéressés à l'ingestion de matière sèche, particulièrement à la teneur énergétique et protéique des rations qu'ils administrent aux vaches en lactation. À mesure que la production laitière augmentait, on a accordé une attention croissante aux besoins des bovins laitiers en minéraux. Bien que la règle «plus il y en a, mieux c'est» s'applique à la consommation de matière sèche, il n'en est pas de même pour les minéraux. Une trop forte dose d'un minéral peut souvent déranger l'aptitude d'un animal à assimiler d'autres minéraux. La «disponibilité», pour l'animal, des minéraux dans un régime alimentaire diffère également. Par disponibilité, on entend l'aptitude d'un animal à absorber les éléments nutritifs de l'aliment qu'il consomme. Bien que l'aptitude à digérer des aliments protéiques ou énergétiques puisse varier de 50 à 80%, l'aptitude à utiliser les minéraux dans la ration peut varier de façon beaucoup plus grande, de 5 à 100%. La disponibilité d'un minéral spécifique dépend de la ration, de la forme chimique du minéral, de la quantité de minéraux connexes et de l'âge de l'animal.

L'intérêt accru pour les minéraux l'a été de même pour la disparition progressive des éléments mineurs ou oligo-éléments du sol par suite de la culture intensive. Les oligo-éléments, tels que le sélénium, le cuivre, le manganèse et le zinc, se retrouvent souvent en assez faible quantité dans certains types de sols et dans certaines zones climatiques. La fertilisation usuelle des sols ne remplace pas les oligo-éléments qui ont été détruits par des pratiques culturales intensives. Les problèmes de santé dus à des insuffisances minérales se rencontrent plus souvent et dans des régions plus vastes.

En outre, deux changements importants dans les systèmes de gestion ont contribué à ce regain d'intérêt pour les besoins des bovins laitiers en minéraux. Tout d'abord, la dépendance croissante à l'égard d'un seul fourrage, tel que le maïs ensilé, exige une connaissance complète des besoins en minéraux des vaches en lactation. Deuxièmement, le nombre de vaches laitières élevées toute l'année dans des étables ou dans des parcelles à sols revêtus a augmenté. Les animaux dépendent entièrement du producteur laitier et de son fournisseur d'aliments pour tous leurs besoins d'éléments nutritifs, y compris les minéraux.

En raison de la vaste gamme de minéraux contenus dans les aliments du bétail (tableau 1), il convient de formuler, à partir de renseignements précis, la teneur en minéraux de la ration. L'analyse des fourrages doit se faire avec soin de manière à identifier les carences et à les suppléer. Les agronomes de district, les représentants des sociétés productrices d'aliments pour le bétail ainsi

Tableau 1

Moyenne et valeurs extrêmes de la teneur en minéraux des aliments du bétail utilisés dans les fermes de la vallée du Fraser

Type d'aliment du bétail et nombre d'analyses		Calcium	Phosphore	Magnésium	Cuivre	Fer	Manganèse	Zinc
		Pourcentage de matière sèche			mg/kg			
Foin de luzerne, 52	Moyenne	1,4	0,2	0,3	8,2	156	32	19
	Valeurs extrêmes	0,8–1,8	0,1–0,4	0,15–0,4	5,0–11,6	58–625	11–80	11–92
Foin de graminées, 98	Moyenne	0,6	0,3	0,2	5,9	175	97	19
	Valeurs extrêmes	0,1–1,5	0,1–0,4	0,01–0,3	1,5–10,6	52–1219	20–212	10–79
Graminées ensilées, 46	Moyenne	0,5	0,3	0,2	8,8	515	94	22
	Valeurs extrêmes	0,3–1,6	0,2–0,4	0,08–0,4	3,5–18,1	94–1644	22–188	9–39
Maïs ensilé, 35	Moyenne	0,3	0,2	0,2	10,1	274	39	24
	Valeurs extrêmes	0,1–1,5	0,1–0,3	0,09–0,2	2,5–22,5	68–1019	14–70	14–46
Mélange de céréales, 70 (vaches en lactation)	Moyenne	0,9	0,6	0,2	11,1	201	60	68
	Valeurs extrêmes	0,1–2,8	0,4–1,0	0,04–0,3	4,1–21,9	100–469	41–90	32–132

Données fournies par MM. R.G. Peterson, D.E. Waldern, P.E. Ewert et C.J. Williams

que les bureaux provinciaux de vulgarisation agricole fournissent de l'aide en prélevant des échantillons des aliments, en interprétant les résultats d'analyse et en recommandant la quantité et le genre de minéraux requis.

Les bovins laitiers requièrent diverses quantités de presque tous les minéraux. La plupart de ces minéraux se retrouvent dans les aliments naturels du bétail (tableau 1), mais il faut toujours suppléer les principaux minéraux comme le calcium, le phosphore et le chlorure de sodium (sel ordinaire). La plupart des rations à base de fourrage fournissent suffisamment de potassium. L'addition de magnésium et de soufre aux rations des vaches laitières se fait de façon plus fréquente, notamment lorsque le maïs ensilé constitue une grande partie de la ration.

Dans presque toutes les régions du Canada, il faut ajouter aux rations des bovins laitiers de l'iode et du cobalt. Dans certaines régions du pays, il faut parfois y ajouter du sélénium, du cuivre, du manganèse et du zinc.

Les vaches en lactation requièrent des compléments de vitamines A et D, surtout lorsque la ration se compose de fourrages conservés. Les vitamines E et K aident à prévenir certaines maladies. Dans des systèmes de gestion intensive, il est parfois utile de fournir aux animaux de la vitamine B.

Les besoins en minéraux des vaches laitières sont fonction du niveau de la production laitière, de l'âge de la vache, du taux de croissance, de la gestation et du régime d'alimentation. Le déséquilibre des éléments minéraux et leur carence entraînent souvent une réduction de l'ingestion d'aliments, une utilisation inefficace, une détérioration de la digestibilité, une baisse de la production laitière, l'avortement et une diminution de la viabilité.

La première partie de cette publication porte sur les besoins des vaches en lactation en minéraux qui sont nécessaires en assez grande quantité, principalement pour le développement des os et la synthèse du lait. La deuxième partie traite des exigences en oligo-éléments. D'autre part, l'annexe 1 donne la teneur réelle en éléments spécifiques de divers composés servant de compléments minéraux.

PRINCIPAUX MINÉRAUX

Calcium

Le calcium est le minéral le plus important dont ont besoin les vaches laitières. La formation et l'entretien normaux d'une structure

osseuse robuste dépendent d'un apport régulier de calcium dans la ration. Chaque litre de lait contient en moyenne 1,2 g de calcium, proportion qui augmente en fonction de la teneur en matière grasse du lait. Les bovins laitiers peuvent utiliser le calcium des os pour la synthèse du lait, puis le remplacer lorsque l'ingestion dépasse les besoins.

En moyenne, la disponibilité de calcium est de 45% ; les veaux et les génisses peuvent l'assimiler plus facilement que les vaches adultes. La quantité de calcium alimentaire pouvant être absorbée par les vaches en lactation dépend du type de ration fournie, de l'apport en vitamine D, de l'âge de la vache, de la quantité requise et de l'état physiologique de l'animal. La fièvre vitulaire se manifeste au moment du vêlage en raison de l'inaptitude de la vache à utiliser le calcium alimentaire ou à mobiliser le calcium des os, ou les deux, assez rapidement pour satisfaire le besoin de production laitière accrue.

Une vache laitière adulte requiert environ 16 mg de calcium disponible par kilogramme de poids vif en vue d'un entretien convenable et, en plus, 1,25 mg de calcium disponible par kilogramme de lait (à 3,5% de matière grasse) produit. Une vache de 600 kg qui donne 30 kg de lait a besoin d'un apport quotidien de 104 g de calcium. Si on suppose une ingestion de matière sèche équivalant à 3% du poids vif, une vache de 600 kg devrait consommer 18 kg de matière sèche contenant 0,58% de calcium pour disposer de 104 g de calcium (tableau 2). Durant les trois derniers mois de la gestation, il faut un supplément quotidien de 15 g de calcium.

Tableau 2

Ingestion quotidienne de calcium requise pour satisfaire les besoins d'une vache de 600 kg produisant du lait à 3,5% de matière grasse

Production laitière (kg/jour)	Calcium (g/jour)	Calcium dans la ration totale (%)
15	62,9	0,35
20	76,7	0,42
25	90,5	0,50
30	104,4	0,58
35	118,2	0,66
40	132,1	0,74
45	155,9	0,81

Le pourcentage de calcium dans le régime alimentaire devrait varier de 0,80% pour les vaches à très fort rendement et pour les génisses primipares à fort rendement à 0,40% pour les faibles productrices ou durant le dernier tiers de la période de lactation. La teneur en calcium des rations peut être accrue en ajoutant aux mélanges de céréales une source minérale telle le phosphate bicalcique ou en administrant un fourrage tel que la luzerne, qui renferme jusqu'à 1,75% de calcium.

Le niveau de calcium dans le plasma sanguin varie normalement de 9 à 12 mg/100 mL. Le calcium du plasma accuse une baisse au moment du vêlage ou en période de carence alimentaire. Des niveaux de plasma allant de 5 à 6 mg/100 mL indiquent une alimentation insuffisante ou le début de la fièvre vitulaire, problème principal lié à une carence de calcium. Ce problème se présente d'ordinaire au cours de la période qui précède ou suit immédiatement le vêlage et se manifeste plus souvent chez les vaches adultes qui sont de fortes productrices et chez les vaches de race qui produisent du lait à forte teneur en matière grasse.

La fréquence de la fièvre vitulaire peut être réduite en fournissant de fortes doses de vitamine D avant le vêlage, en maintenant le rapport Ca / P de la ration proche de 1,7 / 1, et en veillant à ce qu'au cours d'une lactation tardive et en période de sécheresse on n'administre pas aux vaches un excès de calcium. Une trop forte quantité de ce minéral diminue l'aptitude d'une vache à absorber le calcium alimentaire ou à mobiliser le calcium des os comme l'exige le début de la lactation. La fréquence de la fièvre vitulaire a aussi été réduite dans des troupeaux par une diminution du calcium dans la ration des vaches, de 14 à 21 jours avant la parturition. On parvient à ce résultat en enlevant les foins de légumineuses de la ration ou en suppléant au mélange de céréales du phosphate monoammonique plutôt que du phosphate bicalcique. En règle générale pour les rations totales administrées aux vaches laitières, le rapport Ca / P devrait comprendre de 1,5 à 2,0 parties de calcium pour 1,0 partie de phosphore. La dose journalière de calcium devrait être d'au moins 0,35% sans toutefois dépasser 1,0% de la ration de matière sèche, et la dose quotidienne de phosphore devrait être d'au moins 0,30% sans toutefois dépasser 0,65% de la ration de matière sèche.

Phosphore

Tout comme le calcium, le phosphore est essentiel à la production laitière et à une croissance et une composition normales des os. À la différence du calcium, le phosphore est indispensable

au maintien d'une population active de micro-organismes dans le rumen.

Chaque kilogramme de lait renferme en moyenne 0,95 g de phosphore. Cette quantité est légèrement supérieure au début et à la fin de la lactation et ne se rapporte pas au pourcentage de matière grasse du lait. Une vache de 600 kg requiert 30,6 g de phosphore alimentaire par jour et, en outre, 1,7 g/kg de lait produit (tableau 3). De plus, il lui faut un supplément de 7 g de phosphore quotidiennement au cours des 100 derniers jours de la gestation pour pourvoir aux besoins du foetus.

Tableau 3

Ingestion quotidienne de phosphore requise pour satisfaire les besoins d'une vache de 600 kg

Production laitière (kg/jour)	Phosphore (g/jour)	Phosphore dans la ration totale (%)
15	56,1	0,31
20	64,6	0,36
25	72,0	0,40
30	82,6	0,46
35	90,1	0,50
40	108,6	0,60
45	117,1	0,65

La quantité de phosphore alimentaire qui peut être absorbée dépend de la disponibilité de la vitamine D. Un excès de calcium peut provoquer une perte accrue de phosphore par élimination des excréments et par conséquent augmenter les besoins en phosphore. La disponibilité du phosphore décroît avec la maturité de l'animal mais varie d'ordinaire de 45 à 65%. Les fourrages ont en général une faible teneur en phosphore, les céréales une assez forte teneur et les compléments protéiques, tels le tourteau de soja et le tourteau de colza, en ont la plus forte teneur.

La carence de phosphore diminue la teneur en minéraux des os, qui deviennent fragiles. L'ingestion d'aliments décroît chez l'animal qui manque de phosphore, ce qui entraîne une baisse de la production laitière. Normalement, le phosphore inorganique du sang varie de 4 à 6 mg/100 mL et décroît si les rations ont une faible teneur en phosphore ou en sont dépourvues. Les symptômes d'une carence de phosphore sont une baisse de l'ingestion d'aliments, la perte de l'appétit, une piètre reproduction et, dans les cas extrêmes, la fragilité des os.

Magnésium

Le magnésium est également indispensable à la formation et à l'entretien d'une structure osseuse robuste. Le magnésium agit comme composant minéral des enzymes, qui maintiennent une tonicité musculaire normale, utilisent l'énergie alimentaire et réalisent l'élaboration de la matière grasse du lait.

La quantité de magnésium que requiert une vache laitière dépend de la quantité de magnésium disponible dans la ration, de la quantité de lait produite et de la quantité de calcium et de phosphore dans la ration. Chaque kilogramme de lait renferme environ 135 mg de magnésium. La proportion de magnésium présent peut varier entre un modeste 10% dans les pâturages vigoureux à forte teneur protéique et 35% dans les céréales ou dans les sources complémentaires de magnésium. De fortes ingestions de calcium et de phosphore réduisent l'assimilabilité du magnésium. Les céréales sont d'ordinaire une bonne source de magnésium, tandis que le maïs ensilé en est souvent une source médiocre. Les fourrages contenant plus de 3% de potassium sont susceptibles d'empêcher l'utilisation appropriée du calcium et du magnésium.

Une vache en lactation a besoin de 2,5 g de magnésium pour maintenir les fonctions normales du corps et un complément de 0,12 g/kg de lait produit. La quantité de magnésium requise dans la ration quotidienne d'une vache est difficile à déterminer en raison des différences énormes et souvent inconnues de la quantité de magnésium présente dans différents aliments pour le bétail. Le tableau 4 illustre le rapport entre les besoins en magnésium des vaches en lactation et la présence de cet élément dans les aliments. Ces besoins sont calculés en pourcentage de la ration totale. Les vaches à faible rendement qui consomment des aliments riches en magnésium n'ont besoin que de 0,12% de magnésium dans leur ration. Cependant, les fortes productrices auxquelles on sert une ration pauvre en magnésium requièrent 0,38% de magnésium dans leur aliment.

Lorsque l'apport de magnésium est suffisant, il se produit une perte quotidienne de 2,5 g de magnésium dans l'urine. Si l'apport dépasse les exigences, l'excès est excrété dans l'urine et la concentration dans le plasma sanguin demeure normale, c'est-à-dire de 2,0 à 3,5 mg/100 mL. Si la quantité de magnésium absorbée dans la ration est insuffisante, la perte quotidienne totale dans l'urine peut tomber à 0,1 g/jour. Un niveau de plasma sanguin compris entre 1,0 et 2,0 mg/100 mL dénote une carence et on constate une diminution de la production laitière et des troubles de la fonction

Tableau 4

Besoins alimentaires des vaches en magnésium selon la production laitière et la disponibilité du magnésium

Disponibilité du magnésium (%)	Production laitière (kg/jour)		
	10	20	30
	Magnésium (g/jour)		
10	37	49	61
17	22	29	36
25	15	20	24

cardiaque. Si le niveau du plasma tombe au-dessous de 1,0 mg/100 mL, l'animal présente un manque de coordination excessif, est incapable de se tenir debout et, à défaut d'un traitement rapide, risque de mourir en l'espace de quelques heures. La tétanie d'herbage (grave carence de magnésium) se manifeste durant la saison froide au début du printemps ou à l'automne chez les bovins qui broutent dans les pâturages vigoureux. Lorsqu'on soupçonne pareil risque, il faut procéder à une analyse des herbes fourragères. Les fourrages contenant moins de 0,2% de magnésium et plus de 3% de potassium et 4% d'azote sont particulièrement susceptibles de provoquer la tétanie. Il faut administrer aux vaches auxquelles l'on fait paître ces graminées environ 50 g d'oxyde de magnésium par jour en commençant 2 semaines avant la mise en pâture.

Sodium et chlore

Le sel ordinaire répond aux exigences du bovin laitier en sodium et en chlore; ces deux éléments sont présents dans les fluides digestifs et dans les tissus mous de la vache laitière et jouent un rôle actif dans le mouvement des éléments nutritifs à travers les parois cellulaires et les membranes.

Le sodium et le chlore favorisent le maintien de l'équilibre acide – base du sang. Les exigences corporelles en chlore sont d'environ la moitié de celles en sodium. Le sel active l'action des enzymes digestifs et favorise la sécrétion salivaire. Étant donné que les aliments du bétail ne contiennent pas de sel en quantité suffisante, il faut y suppléer. Un apport insuffisant de sel se traduit par une perte d'appétit et de poids et par une réduction de la production laitière. Chaque kilogramme de lait d'une vache renferme 0,63 g de sodium et 1,15 g de chlore.

Un excès de potassium peut aggraver la carence de sodium. Cela peut se produire lorsqu'on administre des rations riches en fourrage. Les pâturages peuvent contenir jusqu'à 18 fois plus de potassium que de sodium. En général, les bovins en pâture consomment davantage de sel que ceux auxquels on sert des aliments secs.

Les vaches en lactation qui ont été privées de sodium recherchaient avidement le sel après 4 semaines et, après 3 mois, commençaient à lécher le sol et à mâcher du bois.

Les exigences alimentaires en sodium sont de 0,18%, ce qui équivaut à 0,45% de chlorure de sodium dans la matière sèche de la ration totale, si le sodium et le chlore de la ration sont assimilables à 100%.

Soufre

Le soufre est un élément essentiel des aminoacides, de certaines vitamines et de certains enzymes. C'est le plus important de tous les minéraux, car il sert à maintenir et à favoriser la croissance active de la microflore du rumen.

Les symptômes d'une carence de soufre ne sont pas spécifiques et peuvent être difficiles à identifier. Les rations pauvres en soufre entraînent une baisse de l'ingestion de matière sèche, une perte de poids, la faiblesse et, dans les cas extrêmes, la mort. En premier lieu, il se produit une réduction du nombre total de bactéries du rumen ainsi qu'une modification du type de bactéries et une baisse de la quantité de protéines microbiennes synthétisées.

L'insuffisance de soufre dans la ration abaisse la digestibilité de la cellulose. Les niveaux idéals de soufre dans la ration varient de 0,16 à 0,24%. Une carence de soufre entraîne d'une part une baisse du volume sanguin et du sulfate du sérum, d'autre part une augmentation de l'urée plasmatique et du lactate et du sucre du sang.

OLIGO-ÉLÉMENTS

Les vaches laitières ont besoin d'une très faible quantité d'oligo-éléments, tels que le cuivre, le molybdène, le manganèse, le fer, le sélénium, l'iode, le cobalt, le zinc et le fluor. Ces minéraux jouent le rôle de catalyseurs des réactions enzymatiques spécifiques, qui sont indispensables au bien-être de l'animal. Pour assurer un rendement optimum, ces minéraux essentiels doivent être présents en quantité suffisante, sans toutefois dépasser les

exigences. Deux problèmes principaux doivent être résolus lors de l'évaluation des besoins des vaches laitières en oligo-éléments. En premier lieu, tous les oligo-éléments sont potentiellement toxiques, lorsqu'ils sont administrés en forte quantité. Le niveau toxique d'un minéral donné dépend de l'âge, de l'espèce et peut-être de la race de l'animal. D'autres facteurs sont le niveau d'autres minéraux dans la ration, l'interaction avec d'autres composants de la ration et la forme chimique du minéral. Pour assurer une production optimale, l'ingestion d'oligo-éléments doit être maintenue dans des limites assez étroites. Deuxièmement, la teneur en oligo-éléments des aliments pour le bétail peut varier dans une proportion de 10 à 100, selon l'espèce végétale, le type de sol, les conditions de croissance, la maturité de la récolte et la région de culture.

L'aptitude des animaux à résister à une absence ou à un excès d'un minéral donné diffère. Un niveau d'ingestion minimum ou maximum exact d'un oligo-élément ne peut être indiqué avec certitude en raison de la modification constante des systèmes biologiques. Les quantités proposées dans les pages qui suivent sont des approximations. Pour des estimations bien précises, il convient de faire attention aux facteurs concernant l'établissement du besoin de chaque élément (tableau 5).

Tableau 5

Quantités minimales et maximales d'oligo-éléments requises par des ruminants adultes pour prévenir les symptômes de carence et de toxicité*

	Niveau requis	Niveau toléré
	mg/kg de ration totale	
Cobalt	0,07–0,10	20
Cuivre	10	80
Fer	30	400–1000
Fluor	Inconnu	30–100
Iode	0,8–2,0	20–50
Manganèse	40–60	1000
Molybdène	0,5	5–50
Sélénium	0,1–0,15	3–5
Zinc	50	500–1000

*Neathery, M.W., J. Anim. Sci., 1976, 43:328

Cuivre

Le cuivre est important pour la synthèse de l'hémoglobine et l'entretien des tissus conjonctifs. Il est emmagasiné dans le foie d'où il est facilement disponible. Si le niveau de cuivre dans la ration des bovins d'un an est inférieur à 5,0 mg/kg et à 2,5 mg/kg dans celle des génisses et des vaches, la concentration de cuivre du plasma sanguin commence à diminuer.

Seulement 5 à 10% du cuivre dans une ration ordinaire sont absorbés et retenus dans le corps. Une ingestion anormalement forte de molybdène ou de soufre réduit ce niveau de rétention.

Dans les rations des bovins, la proportion de cuivre suggérée est de 10 mg/kg. Les jeunes animaux sont le plus souvent touchés par une carence de cuivre et les symptômes comprennent la diarrhée, une croissance médiocre, la perte de couleur de la robe et la déformation des os des jambes. Parfois, les vaches deviennent stériles. Les bovins australiens à qui l'on a administré une ration à faible teneur en cuivre ont présenté des symptômes d'atrophie et de fibrose du tissu cardiaque, ce qui entraîne une mort subite.

Dans les études sur les pâturages contenant de 7 à 10 mg de cuivre et de 10 à 15 mg de molybdène par kilogramme de matière sèche, les jeunes veaux ont présenté des symptômes d'une piètre croissance sans oublier la perte de couleur de la robe et le gonflement des articulations. Les sujets ont réagi de façon positive à la complémentation du cuivre.

Le soufre peut aussi jouer un rôle antagoniste du cuivre. Des chèvres qui ont reçu de 10 à 15 mg de soufre et 10 ppm de cuivre par kilogramme de ration avaient une croissance faible.

Les symptômes d'une intoxication aiguë par le cuivre comprennent la gastro-entérite, la diarrhée, la déshydratation et la mort. L'intoxication chronique par le cuivre peut constituer un problème dans la production intensive d'agneaux qui sont engraissés dans les bergeries fermées. La présence en grande quantité du cuivre dans la ration céréalière par rapport à la très faible teneur des céréales en molybdène, de 0,25 à 0,30 mg/kg, en est probablement la cause. Les bovins ne réagissent pas autant que les moutons à un excès de cuivre.

Pour prévenir les problèmes de carence dans les régions où les fourrages contiennent moins de 10 ppm de cuivre et sont relativement riches en molybdène et en soufre, il faut ajouter du cuivre à la ration. Le rapport cuivre / molybdène doit être supérieur à 4/1. Si la teneur du fourrage en cuivre est inférieure à 6 ppm et le rapport cuivre/molybdène plus petit que 3/1, ajouter de 0,5 à 1 kg de sulfate de cuivre à 100 kg d'un mélange minéral ou d'un sel cobalté-

iodé. On obtient ainsi un mélange minéral renfermant de 0,12 à 0,25% de cuivre. Si les fourrages contiennent de 6 à 10 ppm, ajouter de 0,25 à 0,5 kg de sulfate de cuivre à 100 kg du mélange minéral ou du mélange salin. On obtient alors un mélange renfermant de 0,06 à 0,12% de cuivre.

Les vaches peuvent consommer en toute sécurité des aliments ayant une proportion de cuivre de 100 mg/kg ; cependant, la plupart des aliments naturels du bétail contiennent des quantités bien inférieures à ce niveau. Les symptômes d'intoxication par le cuivre sont une baisse du taux de croissance, une diminution des niveaux d'hémoglobines et d'hématocrites ainsi qu'une augmentation du cuivre dans le foie.

Molybdène

Le molybdène est essentiel à trois principaux systèmes enzymatiques: ceux relatifs au métabolisme énergétique, à la croissance et au métabolisme du fer. Les exigences minimales des ruminants en molybdène ne sont pas connues mais sont probablement de l'ordre de 0,5 mg/kg. La toxicité du molybdène constitue un problème plus concret. Lorsque le rapport Cu/Mo est 1/2 ou la teneur en molybdène de l'aliment est supérieure à 5 ppm, les symptômes d'une carence de cuivre, notamment la modification de la couleur de la robe et la diarrhée, peuvent se manifester. On peut les prévenir en ajoutant du cuivre à la ration ou en fournissant des rations à plus faible teneur en molybdène.

Manganèse

Le manganèse influe sur la croissance, le développement du squelette, la reproduction et la fonction du système nerveux central. Sa fonction spécifique est inconnue mais, en cas de carence, les veaux naissent avec des jambes antérieures faibles, les génisses et les vaches présentent des chaleurs silencieuses et leur performance de reproduction est médiocre. Les rations riches en calcium et pauvres en phosphore tendent à accroître les exigences des bovins en manganèse. Un niveau de 40 à 60 mg/kg dans la portion fourragère de la ration suffit en général. Si les fourrages contiennent moins de 40 mg/kg, ajouter 1 kg de sulfate de manganèse par 100 kg de mélange minéral. Lorsque le fourrage contient moins de 20 ppm, ajouter 2 kg de sulfate de manganèse à 100 kg de mélange minéral. On obtient ainsi un mélange minéral contenant 0,62% de manganèse.

Bien que l'on ne possède que peu d'information sur les effets d'un excès de manganèse, il ne faut pas administrer plus de 1000 mg/kg de ration.

Fer

Le fer joue un rôle dans la formation des enzymes hémoprotéiques et des enzymes flavoprotéiques. Les bovins auxquels on sert des rations normales ont rarement une insuffisance de fer. Le lait est une source assez médiocre de fer; il n'en contient que 0,18 à 0,31 mg/kg. Environ 25% du fer contenu dans le lait est assimilable par les jeunes veaux. Les veaux nourris seulement au lait ont besoin d'un complément de 30 mg de fer par jour. Pour les ruminants adultes, il est suggéré de donner 30 mg/kg de matière sèche. Une forte teneur en fer de la ration diminue la teneur en cuivre et en zinc du foie. Les bovins peuvent consommer en toute sécurité des rations contenant du fer dans une proportion de 500 à 1000 mg/kg, selon sa forme chimique.

Sélénium

Le sélénium est un minéral essentiel au bétail. C'est un composant structural du glutathion peroxydase et ses fonctions sont liées à la vitamine E, aux lipides non saturés et aux aminoacides soufrés. Les vaches en lactation requièrent au moins 0,1 mg/kg de ration selon la présence d'autres éléments, tels que le soufre ou l'arsenic, qui peuvent nuire à l'utilisation du sélénium. Bien que la toxicité de cet élément ne constitue un problème que dans un ou deux secteurs restreints, il existe par contre un bon nombre de secteurs d'importance économique primordiale où les bovins peuvent en manquer. Le lait a une faible teneur en sélénium qui n'est pas modifiée par une ingestion alimentaire normale.

Les symptômes de carence de sélénium chez les vaches adultes comprennent une forte fréquence de rétention du placenta et la naissance de veaux mort-nés ou inaptes à se tenir debout. La dégénérescence des muscles, communément appelée dystrophie musculaire, est le symptôme le plus fréquent chez les agneaux et les veaux. Chez les vaches adultes, l'accroissement de l'ingestion quotidienne moyenne de 0,23 à 0,92 mg de sélénium, sous forme de sélénite, réduit la fréquence de rétention du placenta. Les bovins peuvent consommer jusqu'à 5 mg de sélénium par kilogramme de ration sans effets nuisibles mais, une fois ce niveau dépassé, des symptômes d'intoxication peuvent se manifester. L'intoxication par

le sélénium provoque une croissance anormale des sabots et compromet la circulation périphérique.

Iode

L'iode est un composant de l'hormone thyroxine, qui à son tour règle le taux de métabolisme chez les animaux. La naissance de veaux mort-nés ou faibles et goitreux dénote une carence d'iode dans la ration des vaches en gestation.

Le colostrum est riche en iode mais la concentration décroît rapidement après quelques jours. Environ 10% de l'iode consommé dans la ration sont sécrétés dans le lait. L'assimilation de l'iode peut être empêchée par des substances goitrogéniques, qui se trouvent dans certains aliments du bétail. La carence d'iode chez les animaux peut se présenter dans de nombreuses régions du Canada. À titre de mesure de prévention, ajouter de l'iodure de potassium au sel, à raison de 0,1%.

Normalement, les exigences alimentaires en iode des vaches laitières en gestation sont de 0,8 mg d'iode par kilogramme de matière sèche. Toutefois, si la ration contient des goitrogènes, ajouter l'iode à raison de 2,0 mg/kg de matière sèche. L'intoxication a lieu à divers niveaux d'absorption mais les bovins peuvent tolérer 50 mg/kg dans la ration durant un court laps de temps. Ne pas employer de grandes quantités d'iode pour traiter le piétin. Les symptômes d'intoxication par l'iode sont la diminution de l'ingestion d'aliments, la salivation abondante et la congestion des bronches.

Cobalt

Le cobalt est nécessaire à la synthèse de la vitamine B_{12} par les micro-organismes du rumen. Les vaches en lactation ont besoin de 0,07 à 0,10 mg/kg de ration de matière sèche. Les symptômes de carence comprennent l'anorexie, la baisse de la production laitière, la rugosité de la robe et éventuellement l'anémie. Un bon moyen de supplémenter la ration consiste à mélanger de 40 à 50 g de carbonate de cobalt avec 100 kg de sel. Étant donné que le cobalt ne se prête pas facilement au stockage, il convient de le fournir chaque jour. Le besoin de cobalt augmente en fonction de l'ingestion de matière sèche digestible.

Les symptômes de toxicité du cobalt sont la diminution de l'ingestion d'aliments, l'anémie, la baisse de l'hématocrite et la salivation abondante. On considère que la quantité maximale de

cobalt que l'on peut employer en toute sécurité est de 20 mg/kg de matière sèche.

Zinc

Le zinc est indispensable à la croissance et au maintien d'une peau saine. Une carence peut causer un épaississement de la peau désigné sous le nom de parakératose. Une faible teneur en zinc de la ration peut accroître la fréquence du piétin chez les bovins. Au moment de la parturition, on a observé une baisse des niveaux de zinc du plasma, soit de 1,1 à 0,75 μg/mL, mais on ignore la relation de cette baisse avec les difficultés de vêlage.

Le lait renferme de 3 à 5 mg de zinc par kilogramme. La concentration de zinc dans le plasma des vaches bien portantes varie de 0,60 à 1,40 mg/L. Lorsque l'ingestion de zinc est inférieure à la normale, les niveaux plasmatiques tombent au-dessous de 0,40 mg/L. Les vaches en lactation ont besoin de 50 mg de zinc par kilogramme d'ingestion de matière sèche. Un excès de zinc peut causer une fixation du cuivre ou du fer mais les rations contenant 1000 mg de zinc par kilogramme de matière sèche n'ont pas suscité d'effets nuisibles à court terme. Une carence de zinc ralentit davantage la croissance chez le mâle que chez la femelle.

Fluor

Les exigences minimales en fluor ainsi que les symptômes d'une carence de fluor sont inconnus. Cependant, on a enregistré la toxicité du fluor causée par du fourrage ou de l'eau contaminée par la pollution industrielle. Chez les vaches en lactation, le niveau de tolérance du fluorure soluble est probablement de 30 à 50 mg/kg d'ingestion de matière sèche. Le fluor dans l'eau est aisément assimilable et on doit en tenir compte dans le calcul de l'ingestion totale. Les symptômes d'intoxication sont une forte baisse de l'ingestion d'aliments, une raideur des jambes, l'hypertrophie osseuse et un délabrement rapide de la santé.

VITAMINES

Vitamine A

La vitamine A est essentielle à l'entretien de membranes muqueuses saines. Les bovins pauvres en vitamine A sont portés

davantage à l'infection en raison de la kératinisation du tissu épithélial et de la dégénérescence de la muqueuse de l'appareil respiratoire. La cécité nocturne se manifeste souvent de façon bénigne. Une carence de vitamine A chez les bovins en gestation entraîne une forte fréquence de rétention placentaire, la mise bas prématurée et la naissance de veaux mort-nés, dyskinétiques ou aveugles.

La provitamine A, le carotène, représente pour les bovins la source alimentaire la plus courante. On admet généralement que 1,0 mg de carotène correspond à 400 UI de vitamine A. Les exigences en vitamine A pour l'entretien sont de 10,6 mg de carotène par 100 kg de poids vif. La vitamine est emmagasinée dans le foie et suffit à l'entretien d'un bovin consommant un aliment pauvre en vitamine A pendant un certain temps. Un niveau de plasma sanguin inférieur à 100 μg/100 mL dénote une carence. La quantité de vitamine A nécessaire à la lactation est plutôt faible et les exigences totales d'une vache en lactation seraient de 13,0 à 15,0 mg de carotène par 100 kg de poids vif. Dans des conditions d'isolement total ou lorsque les vaches sont alimentées en foin ou en maïs ensilés de qualité inférieure, l'addition de vitamine A à la ration, à raison de 7000 UI/kg de mélange de céréales, s'est révélée utile.

Vitamine D

La vitamine D est nécessaire au métabolisme du calcium et du phosphore.

La vitamine D agit de trois façons principales:

- elle accroît l'absorption du calcium et du phosphore à partir du tube gastro-intestinal;
- elle favorise la minéralisation des os; et
- elle règle la perte de calcium et de phosphore dans l'urine.

Si la vitamine D n'est pas en quantité suffisante, moins de 20% du calcium consommé sera absorbé. Cependant, si une quantité suffisante de vitamine D est disponible, de 50 à 60% du calcium seront utilisés. Un supplément de vitamine D peut être nécessaire pour coordonner le métabolisme des minéraux, surtout chez les animaux souffrant d'une carence en phosphate.

La vitamine D accroît également l'absorption de phosphore à partir de l'appareil digestif. Apparemment, la synthèse de la vitamine D par la peau, même exposée au soleil, ne suffit pas pour accroître l'absorption de phosphore par les vaches laitières.

Des doses massives de vitamine D ($10\text{-}30 \times 10^6$ UI) administrées de 24 à 48 h avant le vêlage améliorent l'utilisation du calcium et du phosphore quand ces éléments sont fournis en doses normales. La protection contre la fièvre vitulaire atteint un maximum après 3 jours. La nécessité de prédire avec la plus faible marge d'erreur la date de vêlage est la principale objection à cette méthode de prévention. Les suppléments de vitamine D peuvent améliorer la fertilité même chez les vaches qui reçoivent assez de lumière solaire. Une vache laitière à bonne production pourrait supporter provisoirement un apport insuffisant de vitamine D au cours de la période de lactation la plus intense. Cela influerait à la fois sur le métabolisme du calcium et du phosphore et sur la fertilité.

Des injections de 50 000 à 250 000 UI de vitamine D_3 sont recommandées pour le traitement du rachitisme chez les veaux, ainsi que des injections de 500 000 à 1 000 000 UI de vitamine D pour le traitement de l'ostéomalacie (faiblesse des os) chez les ruminants adultes.

Il faut administrer la vitamine D aux bovins laitiers à raison de 4000 à 7000 UI par jour, selon le niveau de production de lait. Ainsi, pour une vache qui produit 30 kg de lait et consomme un mélange de céréales à raison de 1,0 kg pour chaque 3,0 kg de lait produit, il suffirait d'ajouter au mélange de céréales 600 UI de vitamine D par kilogramme.

Vitamine E

Le rôle métabolique de la vitamine E est semblable à celui du sélénium. Les fourrages verts et les céréales fourragères sont d'assez bonnes sources de vitamine E mais on ne connaît pas la quantité qu'en requièrent les bovins adultes. Cependant, les jeunes veaux et les agnelets atteints de dystrophie musculaire réagissent à une complémentation de vitamine E. Les exigences en vitamine E des ruminants non adultes sont considérablement accrues par une carence de sélénium dans la ration. L'emploi de compléments de vitamine E retarde le développement d'un goût oxydé dans le lait. Bien que cette vitamine soit indispensable à une bonne reproduction chez les rats, elle ne semble pas avoir les mêmes propriétés pour les ruminants. La vitamine E doit être administrée avec les vitamines A et D aux bovins nourris de fourrages ensilés ou qui consomment durant toute l'année des fourrages conservés. L'addition de vitamine E à raison de 15 UI/kg de mélange de céréales est bénéfique pour les vaches laitières.

MÉTHODE DE COMPLÉMENTATION MINÉRALE

Les bovins ne règlent pas leur ingestion de minéraux selon leurs besoins. L'ingestion semble plutôt correspondre au goût et à l'appétit. La fourniture à volonté de minéraux aux vaches en lactation est peu pratique en raison des fortes variations des besoins des bovins d'un même troupeau. Régulièrement chaque jour, les vaches ont besoin d'un complément de minéraux. Il faut fournir des mélanges minéraux à volonté aux génisses ou aux vaches taries auxquelles on n'administre pas de mélange de céréales. Le coût des compléments convenables destinés aux vaches varie de 60¢ à $4 par vache par mois.

Pour identifier un problème qui semble correspondre à une carence de minéraux, il faut procéder par échantillonnage pour obtenir le plus de renseignements (tableau 6).

Tableau 6

Éléments à analyser pour déterminer les carences de minéraux

	Éléments
PRINCIPAUX MINÉRAUX	
Calcium	ration, plasma
Magnésium	ration, plasma, urine
Phosphore	ration
Sodium	ration, salive
OLIGO-ÉLÉMENTS	
Azote	ration
Cobalt	sol de pâturage
Cuivre	foie, plasma
Iode	lait
Manganèse	ration
Potassium	ration (fourrage), salive
Zinc	ration, plasma

Si un troupeau présente des symptômes de troubles, échantillonner au moins 25% des animaux au moins quatre fois au cours de leur cycle de production. Pour évaluer convenablement la composition d'un pâturage durant la saison de croissance, échantillonner chaque champ au printemps, en été et en automne. Il faut analyser les fourrages pendant leur croissance et au moment où ils sont autrement administrés. Il importe de connaître la proportion

réelle de matière sèche de chaque composant d'une ration pour évaluer convenablement la quantité d'un minéral consommé (annexe 2).

Divers facteurs agissent sur la quantité d'un élément nutritif donné que peut nécessiter ou tolérer une vache laitière. Il s'avère impossible de donner la valeur exacte qui puisse satisfaire toutes les conditions; il faut donc éviter de se servir des nombres donnés dans cette publication à des fins légales pour ce qui est de cas particuliers. Les fabricants d'aliments pour le bétail, les services consultatifs en alimentation du bétail et les fermiers ne doivent se servir des présentes données qu'en tant que guides dans la préparation de rations comblant les besoins en minéraux de bovins laitiers normaux.

Annexe 1

Teneur réelle en éléments spécifiques (g/kg) de divers composés servant de compléments minéraux

Complément minéral	Mg	Ca	P	Na	Cl	Cu	Co	I	Zn	Mn
Phosphate de calcium $CaHPO_4.2H_2O$		220	170							
Tourteau d'os décalcifiés	10	300	130							
Carbonate de calcium $CaCO_3$		360								
Phosphate monosodique $NaH_2PO_4.2H_2O$			190	150						
Sulfate de magnésium $MgSO_4.7H_2O$	90									
Oxyde de magnésium MgO	500									
Sel iodé				390	590			0,04		
Sulfate de cuivre $CuSO_4.5H_2O$						240				
Sulfate de cobalt $CoSO_4.7H_2O$							200			
Sulfate de manganèse $MnSO_4.H_2O$										220
Oxyde de zinc ZnO									750	

CANADIAN AGRICULTURE LIBRARY
BIBLIOTHEQUE CANADIENNE DE L'AGRICULTURE
3 9073 00115539 1

Annexe 2

Le rapport Ca / P dans la ration totale des vaches en lactation varie de 1,5 à 2,0 parties de calcium pour 1,0 partie de phosphore. La majeure partie des besoins quotidiens en calcium, phosphore et magnésium provient des aliments réguliers du bétail. Toutefois, il faut ajouter des quantités variables de chaque minéral selon le régime alimentaire.

Examinons trois régimes alimentaires et les quantités complémentaires de minéraux nécessaires à une vache de 600 kg produisant 25 kg de lait par jour.

1) Pâturage + céréales — plan alimentaire d'été
2) Maïs ensilé + céréales — plan alimentaire d'hiver
3) Graminées ensilées + foin + céréales — plan alimentaire d'hiver

1) Supposons que la vache consomme 7 kg d'un mélange de céréales à faible teneur en protéines et 16 kg de matière sèche de pâturage. Cette ration fournit à la vache 65 g de calcium, 70 g de phosphore et 42 g de magnésium. Pour satisfaire ses besoins, la vache requiert un complément de 26 g de calcium et de 5 g de phosphore. Si on ajoute du phosphate tricalcique au mélange de céréales à raison de 1%, cette vache recevra un complément de 25 g de calcium et de 11 g de phosphore dans sa ration quotidienne.
2) Du maïs ensilé et un mélange de céréales à forte teneur en protéines fournissent 45,4 g de calcium, 49,9 g de phosphore et 24 g de magnésium. Pour satisfaire ses besoins, la vache requiert un complément de 45,8 g de calcium, 25,3 g de phosphore et 1 g de magnésium. Ajouter du phosphate tricalcique à 2%, et 1,0 kg d'oxyde de magnésium par tonne de mélange de céréales.
3) Un plan alimentaire quotidien d'hiver consistant en 7,0 kg d'une céréale pauvre en protéines, 8,0 kg de foin de luzerne et 8,0 kg de graminées ensilées fournit 236 g de calcium, 64 g de phosphore et 56 g de magnésium. Cette vache a besoin en outre de 10 g de phosphore, que l'on peut obtenir en ajoutant 1% de phosphate monosodique au mélange de céréales.

Facteurs qui influent sur ces calculs:

vastes écarts de disponibilité de chaque élément;
vastes écarts relatifs à la quantité des composants de la ration;
et variations dans l'ingestion de ration.

Il faut par conséquent traiter chaque régime alimentaire séparément en se basant sur un échantillonnage et une analyse précis de l'aliment pour déterminer la teneur en minéraux, le niveau de production et l'ingestion approximative de matière sèche.

FACTEURS DE CONVERSION

Unité métrique	Facteur approximatif de conversion	Donne
LINÉAIRE		
millimètre (mm)	x 0,04	pouce
centimètre (cm)	x 0,39	pouce
mètre (m)	x 3,28	pied
kilomètre (km)	x 0,62	mille
SUPERFICIE		
centimètre carré (cm^2)	x 0,15	pouce carré
mètre carré (m^2)	x 1,2	verge carrée
kilomètre carré (km^2)	x 0,39	mille carré
hectare (ha)	x 2,5	acre
VOLUME		
centimètre cube (cm^3)	x 0,06	pouce cube
mètre cube (m^3)	x 35,31	pied cube
	x 1,31	verge cube
CAPACITÉ		
litre (L)	x 0,035	pied cube
hectolitre (hL)	x 22	gallons
	x 2,5	boisseaux
POIDS		
gramme (g)	x 0,04	once
kilogramme (kg)	x 2,2	livre
tonne (t)	x 1,1	tonne courte
AGRICOLE		
litres à l'hectare	x 0,089	gallons à l'acre
	x 0,357	pintes à l'acre
	x 0,71	chopines à l'acre
millilitres à l'hectare	x 0,014	onces liquides à l'acre
tonnes à l'hectare	x 0,45	tonnes à l'acre
kilogrammes à l'hectare	x 0,89	livres à l'acre
grammes à l'hectare	x 0,014	onces à l'acre
plants à l'hectare	x 0,405	plants à l'acre